

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 382 379 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.01.2004 Patentblatt 2004/04

(51) Int Cl.7: **B01F 5/04**, B01F 5/06,
F23D 11/40, F23R 3/20,
F15D 1/02

(21) Anmeldenummer: 03405505.3

(22) Anmeldetag: 07.07.2003

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(30) Priorität: 20.07.2002 DE 10233111

(71) Anmelder: ALSTOM (Switzerland) Ltd
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• Flohr, Peter, Dr.
5413 Birmenstorf (CH)
• Gutmark, Ephraim, Prof. Dr.
Cincinnati, OH 45236 (US)
• Palkert, Bettina
5452 Oberrohrdorf (CH)
• Pascherelt, Christian Oliver, Prof. Dr.
5400 Baden (CH)

(54) **Wirbelgenerator mit kontrollierter Nachlaufströmung**

(57) Die Erfindung betrifft einen Wirbelgenerator in einem von einem fluiden Medium beaufschlagten Strömungskanal sowie ein Verfahren zur Kontrolle der Nachlaufströmung eines solchen Wirbelgenerators.

Die Aufgabe, die Bildung einer Rückströmzone im Kern des Nachlaufwirbels (11) auch unter wechselnden Strömungsbedingungen sicher zu vermeiden, wird er-

findungsgemäss dadurch gelöst, dass in die Kernströmung des Nachlaufwirbels (11) gezielt ein Axialimpuls eingebracht wird. Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird zu diesem Zweck über Austrittsöffnungen (12) am Wirbelgenerator (2) eine Sekundärströmung wenigstens annähernd in Richtung der Hauptströmung in die Kernströmung des Nachlaufwirbels (11) eingebracht.

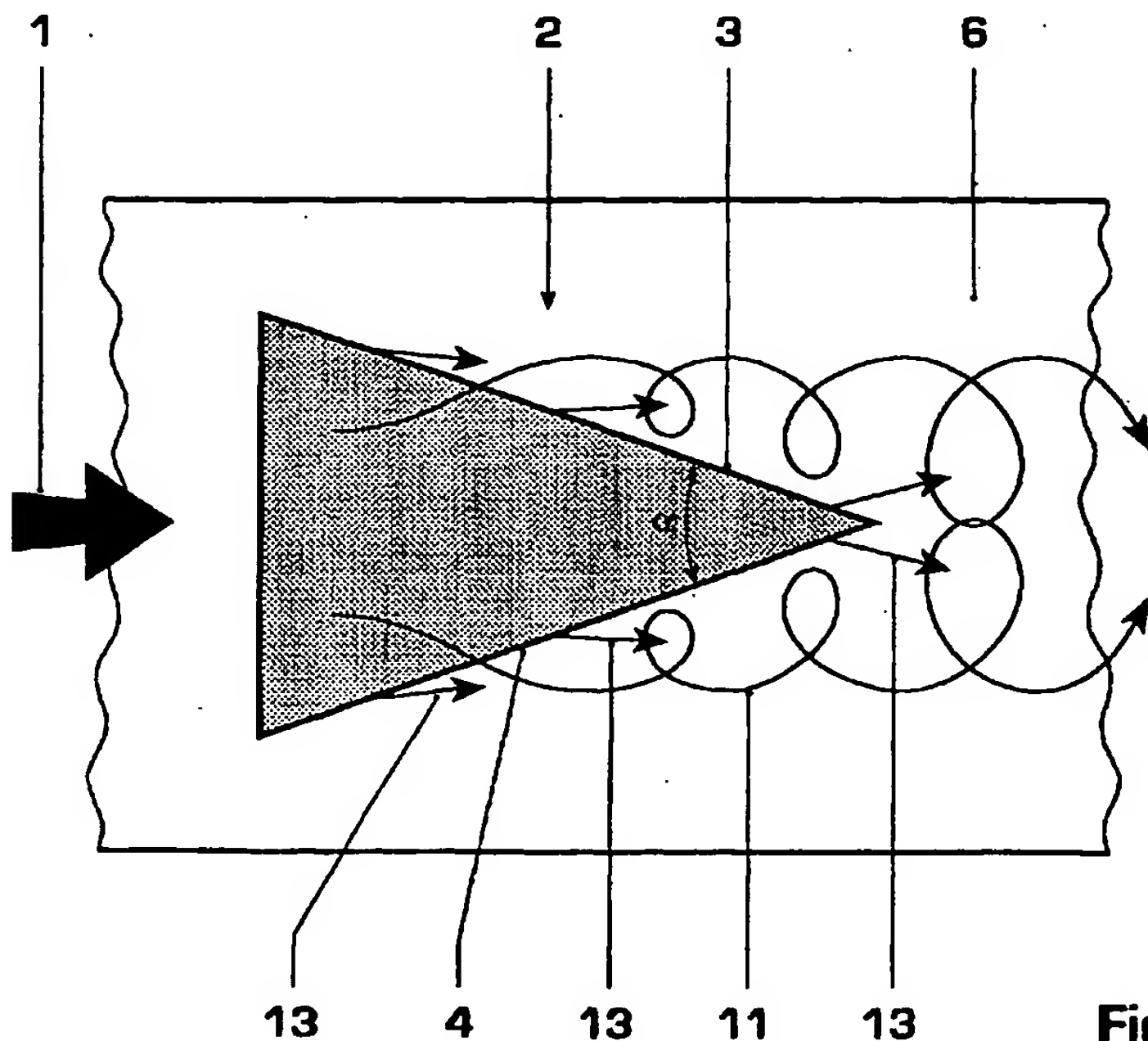


Fig. 3

EP 1 382 379 A2

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Erfindung betrifft einen Wirbelgenerator in einem von einem fluiden Medium beaufschlagten Strömungskanal sowie ein Verfahren zur Kontrolle der Nachlaufströmung eines solchen Wirbelgenerators. Ein besonderes Anwendungsgebiet der Erfindung ist die Verwirbelung und Durchmischung von Brennstoff/Luft-Gemischen in Vormischbrennern.

STAND DER TECHNIK

[0002] Statische Mischer zur Verkürzung der Mischstrecke strömender fluider Medien sind in vielfältiger Gestaltung bekannt.

Eine Gestaltungsform derartiger Mischer, die eine intensive Vermischung strömender fluider Medien bei vergleichsweise geringem Druckverlust erlaubt, ist Gegenstand von EP 0 623 786. Die an dieser Stelle diskutierten statischen Mischer, nachfolgend Wirbelgeneratoren genannt, stellen tetraederähnliche Körper dar, welche an mindestens einer Mantelfläche eines von dem fluiden Medium beaufschlagten Strömungskanals angeordnet sind. Sie umfassen drei frei umströmte, sich in Strömungsrichtung erstreckende Wirkflächen, eine in den Strömungskanal weisende Dachfläche und zwei Seitenflächen. Die mit der Wand des Strömungskanals verbundenen Seitenflächen schliessen untereinander einen Pfeilwinkel α ein, wohingegen die Dachfläche unter einem Anstellwinkel θ zur Kanalwand verläuft.

Durch die Erzeugung von Längswirbeln ohne Rezirkulationsgebiet wird bereits nach einer äusserst kurzen Mischstrecke von einer Wirbelumdrehung eine Grobdurchmischung erzielt, während nach einer Strecke von wenigen Kanalhöhen infolge der turbulenten Strömung eine Feinmischung vorliegt.

Diese Wirbelgeneratoren zeichnen sich durch eine besondere Einfachheit sowohl im Hinblick auf ihre Herstellung wie auch ihre technische Wirksamkeit aus. Die Fertigung und Zusammenfügung der drei Wirkflächen sowie die Verbindung mit einer ebenen oder gekrümmten Kanalwand kann ohne weiteres durch einfache Fügemethoden, in aller Regel Schweißen, erfolgen. Vom strömungstechnischen Standpunkt her weisen diese Generatoren einen sehr geringen Druckverlust auf und erzeugen bei entsprechender Auslegung Nachlaufwirbel ohne Totwassergebiet. Grösse und Stärke der Nachlaufwirbel sind Funktionen der Elementhöhe h , der Elementlänge l , des Anstellwinkels θ sowie des Pfeilwinkels α .

Durch Variation dieser Parameter ist damit ein einfaches Mittel zur aerodynamischen Stabilisierung einer Strömung an die Hand gegeben.

Bei relativ grossen Anstellwinkeln θ und/oder Pfeilwinkeln α steigt die Wirbelstärke der Nachlaufwirbel in einem solchen Masse an, dass sich in deren Kern ein Ge-

biet mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit ausbildet, welches unter wechselnden Strömungsbedingungen die Gefahr eines Zusammenbruchs des Wirbels unter Ausbildung einer Rückströmung in sich birgt. Die Auslegung der Wirbelgeneratoren stellt daher stets einen Kompromiss dar, einerseits die Wirbel so stark auszubilden, dass in möglichst kurzem Nachlauf eine maximale Durchmischung der beteiligten Komponenten erfolgt, andererseits aber wiederum die Wirbel nicht so stark auszubilden, dass sich im Kern ein Gebiet niedriger Strömungsgeschwindigkeit oder sogar eine Rückströmung ausprägt.

Da es sich bei der Einbindung dieser Wirbelgeneratoren in den Strömungsweg um apparative Massnahmen handelt, sind diese, einmal installiert, unveränderlich. Das heisst, eine aktive Einflussnahme auf dauerhaft oder vorübergehend veränderte Strömungsbedingungen ist nicht ohne weiteres möglich.

Gerade bei einem Einsatz dieser Wirbelgeneratoren in modernen Gasturbinenanlagen zur Durchmischung und Verwirbelung eines Brennstoff-/Luftgemisches kann dieses Verhalten negative Auswirkungen auf die Flammenstabilität haben und zu einer unerwünschten Verschiebung der Flammenlage führen.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0003] In Weiterentwicklung des genannten Standes der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Wirbelgenerator bereitzustellen, der die genannten Nachteile vermeidet und die Ausbildung einer Rückströmzone im Kern des Nachlaufwirbels auch unter wechselnden Strömungsverhältnissen im Strömungskanal sicher ausschliesst und es damit gestattet, Einsatzbereich und Variabilität dieser Wirbelgeneratoren zu erweitern. Des weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Kontrolle der Nachlaufströmung solcher Wirbelgeneratoren bereitzustellen.

[0004] Erfindungsgemäss werden diese Aufgaben durch einen Wirbelgenerator sowie ein Verfahren gemäss der in den unabhängigen Ansprüchen genannten Art gelöst.

Vorteilhafte Ausführungsformen des Wirbelgenerators und des Verfahrens geben die abhängigen Ansprüche wieder.

[0005] Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, durch gezieltes Einbringen eines Axialimpulses in die Kernströmung des Nachlaufwirbels die Axialgeschwindigkeit im Wirbelkern zu erhöhen.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird dieser Axialimpuls mittels Einleitung einer zumindest annähernd in Strömungsrichtung ausgerichteten Sekundärströmung im unmittelbaren Bereich der Kernströmung eingebracht.

In vorzugsweiser Ausgestaltung wird eine der zu mischenden Komponenten als Sekundärströmung in den Strömungskanal eingeleitet.

Als vorteilhaft hat es sich dabei erwiesen, die Sekundärströmung über Austrittsöffnungen am Wirbelgenerator in die Kernströmung des Nachlaufwirbels einzuleiten. In zweckmässiger Weise werden die Austrittsöffnungen des Sekundärmediums im Bereich der Seitenflächen des Wirbelgenerators oder an dessen stromabwärtiger Kante angeordnet.

Nach einer besonders günstigen Ausführungsart ist die Austrittsöffnung in halber Sehnenlänge der Seitenfläche unterhalb der Abströmkante angeordnet.

Dabei kann die Sekundärströmung aus einer Einzelöffnung am Wirbelgenerator in die Kernströmung eingeleitet werden oder aus einer Anzahl von Austrittsöffnungen, welche auf den Wirbelkern ausgerichtet sind.

Nach einer zweckmässigen Ergänzung der Erfindung wird ferner vorgeschlagen, die an oder nahe den Wirbelgeneratoren angeordneten Kühlbohrungen gezielt zur Einbringung eines zusätzlichen Axialimpulses heranzuziehen. Dies kann dadurch erreicht werden, dass ein Teil der Kühlbohrungen derart modifiziert wird, dass ein erhöhter Axialimpuls in die Kernströmung der Nachlaufwirbel eingebracht wird. Zu diesem Zweck werden die Austrittsöffnungen in ihrer Geometrie entsprechend konfiguriert, beispielsweise hinsichtlich ihrer Ausrichtung und/oder ihres Durchsatzes.

[0006] Die erfindungsgemässen Massnahmen eignen sich ohne weiteres auch als Retrofit-Massnahme zum Nachrüsten bereits installierter Wirbelgeneratoren nach dem Stand der Technik, indem entsprechende Austrittsöffnungen eingebracht sowie Mittel zur Zufuhr eines Sekundärfluids in den hohlen Innenraum der Wirbelgeneratoren vorgesehen werden. Wirbelgeneratoren, die zu Kühl- oder Zumischzwecken bereits mit Mitteln zur Zuleitung eines Sekundärfluids sowie mit Austrittsöffnungen ausgerüstet sind, können durch eine modifizierte Gestaltung der Geometrie der Austrittsöffnungen nachgerüstet werden (Fig.4b; 5b). Indem die Menge an einspeisbarem Sekundärfluid variabel einstellbar ist, erlaubt es die Erfindung, aktiv auf vorübergehend oder dauerhaft veränderte Strömungsverhältnisse zu reagieren.

Der Massenstrom der Sekundärströmung ist dabei sehr gering. Er liegt in einer Grössenordnung zwischen 0,1% und 5%, insbesondere zwischen 0,5% und 1,5%, bezogen auf den Gesamtmassenstrom.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0007] Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung seien nachfolgend anhand der Zeichnungen erläutert. Es werden nur die für die Erfindung wesentlichen Elemente dargestellt. Gleiche oder einander entsprechende Elemente figurieren unter demselben Bezugszeichen.

Hierbei zeigen

[0008]

- | | | |
|----|----------|---|
| 5 | Fig.1 | Wirbelgenerator nach dem Stand der Technik |
| 10 | Fig.2 | Geschwindigkeitsfeld (normierte axiale Geschwindigkeit) einer Kanalströmung im Nachlauf eines Wirbelgenerators nach dem Stand der Technik |
| 15 | Fig.3 | Prinzipskizze der Wirkungsweise der Erfindung |
| 20 | Fig.4a,b | eine erste Ausführungsvariante eines erfindungsgemässen Wirbelgenerators |
| 25 | Fig.5a,b | eine weitere Ausführungsvariante eines erfindungsgemässen Wirbelgenerators |
| 30 | Fig.6 | Geschwindigkeitsfeld (normierte axiale Geschwindigkeit) einer Kanalströmung im Nachlauf eines Wirbelgenerators nach der Erfindung |
| 35 | Fig.7 | Massengemittelte Wirbelstärke stromab des Wirbelgenerators |

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

- [0009] Die Fig.1 und 2 geben in prinzipieller Weise die Wirkungsweise eines von einer Strömung (1) beaufschlagten Wirbelgenerators (2) nach dem Stand der Technik wieder.
- Ein solcher Wirbelgenerator (2) besitzt drei frei umströmte, in Strömungsrichtung verlaufende Flächen, zwei Seitenflächen (3) und (4) sowie dazu senkrecht eine Dachfläche (5), wobei die Seitenflächen (3) und (4) ein rechtwinkliges Dreieck und die Dachfläche (5) ein gleichschenkliges Dreieck bilden. Die Seitenflächen (3) und (4) stehen im wesentlichen senkrecht zur Kanalwand (6), ohne dass dies eine zwingende Voraussetzung darstellt, und sind mit einer ihrer Kathetenseiten an der Kanalwand (6) vorzugsweise gasdicht fixiert. Sie sind so orientiert, dass sie mit den zweiten Kathetenseiten an einer Stosskante (7) unter Einschluss eines vorzugsweise spitzen Pfeilwinkels α zusammentreffen, welche Stosskante (7) gleichzeitig das stromabwärtige Ende des Wirbelgenerators (2) darstellt und senkrecht zur Kanalwand (6) ausgerichtet ist. Die Seitenflächen (3) und (4) sind im wesentlichen deckungsgleich dimensioniert. Auf deren Hypotenusenseiten, die sich in Strömungsrichtung zunehmend von der Kanalwand (6) entfernen, stützt sich die Dachfläche (5) ab, welche gegenüber der Kanalwand (6) einen spitzen Anstellwinkel θ einnimmt. Mit einer quer zur Strömungsrichtung verlaufenden Stosskante (8) liegt sie an der Kanalwandung (6) an. Die bündigen Stosskanten zwischen den beiden Seitenflächen (3) und (4) und der Dachfläche (5) bilden Abströmkanten (9) und (10).
- Die Symmetrieachse der Wirbelgeneratoren (2) ist parallel zur Strömungsrichtung ausgerichtet. Selbstverständlich kann der Wirbelgenerator (2) auch

mit einer Bodenfläche versehen sein, mit deren Hilfe er auf geeignete Weise an der Kanalwand (6) fixiert ist. Eine derartige Bodenfläche steht indes in keinem Zusammenhang mit der Wirkungsweise des Wirbelgenerators. Die Wirkungsweise des Wirbelgenerators (2) ist im wesentlichen die nachfolgend dargelegte. Eine Kanalströmung (1) strömt den Wirbelgenerator (2) an und wird durch dessen Dachfläche (5) abgelenkt. Durch die plötzliche Querschnittserweiterung beim Überströmen der Abströmkanten (9) und (10) bildet sich ein Paar gegenläufiger Nachlaufwirbel (11) aus, deren Achsen in der Achse der Hauptströmung liegen. Wirbelstärke und Drallzahl werden massgeblich von dem Anstellwinkel θ und dem Pfeilwinkel α bestimmt. Mit steigenden Winkeln werden Wirbelstärke und Drallzahl erhöht und im Kern der Nachlaufwirbel bildet sich unmittelbar hinter dem Wirbelgenerator (2) zunehmend ein Gebiet niedrigerer Axialgeschwindigkeit (dunkle Flächen in Fig.2), das bis zu einem "vortex breakdown" führen kann.

[0010] Fig.3 stellt stark schematisiert das grundlegende Prinzip der beschriebenen Lösung dar. Ausgehend von einer geeigneten Stelle am Wirbelgenerator (2) wird in den Nachlaufwirbel (11) ein Axialimpuls zur Beeinflussung der Kernströmung eingebracht. Dabei wird durch eine Sekundärströmung (13) in der Nähe des Wirbelkerns ein zusätzlicher Impuls generiert, welcher durch die induktive Wirkung der Drallströmung in den Bereich des Wirbelkerns eingezogen wird. Richtet sich der Impuls parallel zur Hauptströmung, so stabilisiert sich der Wirbel (11) und die Nachlaufströmung wird beschleunigt. Der Vortex-Breakdown verzögert sich und wird stromabwärts verschoben.

[0011] Nach einer bevorzugten Ausführungsform gemäss Fig. 4 ist zu diesem Zweck der Wirbelgenerator (2) mit mindestens einer Austrittsöffnung (12) für ein fließendes Medium im Bereich der Seitenfläche (3) ausgerüstet. Die Austrittsöffnung (12) ist dabei derart angeordnet und ausgerichtet, beispielsweise in halber Sehnenlänge unterhalb der Abströmkante (9), dass der austretende Fluidstrahl (13) in die Kernströmung des Nachlaufwirbels (11) eindringt und die Axialgeschwindigkeit in diesem Bereich verstärkt. Durch Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit im Kernbereich des Nachlaufwirbels (11) wird der Ort des Wirbelaufplatzens stromabwärts verschoben.

[0012] In Fig.5 ist eine alternative Möglichkeit zur Einbringung einer Sekundärströmung schematisch wiedergegeben. Danach ist die mindestens eine Austrittsöffnung (12) zur Einbringung der Sekundärströmung im Bereich der stromabwärtigen Stosskante (7) des Wirbelgenerators (2) angeordnet. Hierbei kann es sich um eine kreisförmige Austrittsöffnung (12) in halber Höhe des Wirbelerzeugers (2) handeln, eine Anzahl solcher Öffnungen in diesem Bereich oder eine schlitzförmige Austrittsöffnung (12).

[0013] Wie aus Fig.6 zu erkennen ist, ist die Folge der gezielten Eindüsung eines Sekundärfluids in die Wirbelkernströmung ein deutlich ausgeglicheneres Geschwin-

digkeitsfeld im Nachlauf des Wirbelgenerators (2).

[0014] In Fig.7 ist dargestellt, dass trotz Beschleunigung des Wirbelkerns die Wirbelstärke nicht geschwächt wird. Im ausgeke stromab des Wirbelgenerators sogar um bis zu 50%. Die Variante A stellt dabei den Referenzfall eines Wirbelgenerators dar, der so stark angestellt ist, dass sich im Nachlauf ein Gebiet niedriger Strömungsgeschwindigkeit ausbildet. Die Varianten B und C geben die Verhältnisse bei einem Wirbelgenerator gemäss der Erfindung wieder, bei dem ein Sekundärstrom in halber Sehnenlänge einer Seitenfläche (Variante B) oder an der stromabwärtigen Stosskante (Variante C) aufgebracht wird.

[0015] Es ist vorteilhaft, die hier dargestellten Wirbelgeneratoren (2) symmetrisch und parallel zur Strömungsrichtung anzuordnen. Damit werden drallgleiche Wirbel (11) erzeugt. Ungeachtet dessen liegt es selbstverständlich auch im Rahmen der Erfindung, die Wirbelgeneratoren (2) asymmetrisch zu gestalten, beispielsweise in Form eines halben Wirbelgenerators, bei welchem nur eine der beiden Seitenflächen (3) oder (4) mit einem Pfeilwinkel $\alpha/2$ an der Kanalwand (6) fixiert ist, wohingegen die andere Seitenfläche (3) oder (4) parallel zur Strömungsrichtung ausgerichtet ist. Im Gegensatz zum symmetrischen Wirbelgenerator (2) wird hierbei anstelle eines Paares gegenläufiger Wirbel (11) nur ein Nachlaufwirbel (11) an der gepfeilten Seite erzeugt. Im Ergebnis wird der Hauptströmung (1) ein Drall aufgezungen.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0016]

- | | | |
|----|----|------------------|
| 35 | 1 | Hauptströmung |
| | 2 | Wirbelgenerator |
| | 3 | Seitenfläche |
| | 4 | Seitenfläche |
| | 5 | Dachfläche |
| 40 | 6 | Kanalwand |
| | 7 | Stosskante |
| | 8 | Stosskante |
| | 9 | Abströmkante |
| | 10 | Abströmkante |
| 45 | 11 | Nachlaufwirbel |
| | 12 | Austrittsöffnung |
| | 13 | Sekundärströmung |

50 Patentansprüche

1. Wirbelgenerator in einem von einem fluiden Medium beaufschlagten Strömungskanal, welcher Wirbelgenerator (2) frei umströmt, sich in Richtung der Hauptströmung (1) erstreckende Flächen aufweist, von denen wenigstens zwei Flächen sich auf der Kanalwand (6) abstützende Seitenflächen (3) und (4) bilden, welche Seitenflächen (3) und (4) sich

- in Strömungsrichtung annähern und unter einem spitzen Winkel α in einer gemeinsamen Kante (7), welche die stromabwärtige Kante (7) des Wirbelgenerators (2) bildet, zusammentreffen und von denen wenigstens eine Fläche eine Dachfläche (5) bildet, welche sich in Strömungsrichtung in einem spitzen Winkel θ von der Kanalwand (6) entfernt und mit den Seitenflächen (3) und (4) Abströmkanten (9) und (10) bildet, **dadurch gekennzeichnet, dass der Wirbelgenerator (2) wenigstens eine Austrittsöffnung (12) für eine gezielte Einbringung einer Sekundärströmung (13) in die Kernströmung des sich ausbildenden Nachlaufwirbels (11) aufweist.**
2. Wirbelgenerator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Austrittsöffnung (12) im Bereich der Seitenflächen (3) bzw. (4) angeordnet ist.**
3. Wirbelgenerator nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsöffnung (12) in halber Sehnenlänge unmittelbar unterhalb der Abströmkante (9) bzw. (10) angeordnet ist.**
4. Wirbelgenerator nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Seitenfläche (3) oder (4) mit einer Mehrzahl von Austrittsöffnungen (12) unterschiedlicher geometrischer Konfiguration ausgerüstet ist, beispielsweise hinsichtlich Ausrichtung und/oder Durchsatz.**
5. Wirbelgenerator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Austrittsöffnung (12) an der stromabwärtigen Kante (7) des Wirbelgenerators (2) angeordnet ist.**
6. Wirbelgenerator nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass die stromabwärtige Kante (7) eine Mehrzahl von Austrittsöffnungen (12) aufweist.**
7. Wirbelgenerator nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass die stromabwärtige Kante (7) eine Mehrzahl von Austrittsöffnungen unterschiedlicher geometrischer Konfiguration aufweist.**
8. Wirbelgenerator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Austrittsöffnung (12) mit einem kreisförmigen Querschnitt ausgebildet ist.**
9. Wirbelgenerator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Austrittsöffnung (12) schlitzförmig ausgebildet ist.**
10. Verfahren zur Kontrolle der Nachlaufströmung eines Wirbelgenerators in einem von einem fluiden Medium beaufschlagten Strömungskanal, welcher Wirbelgenerator im wesentlichen drei frei umströmte, sich in Strömungsrichtung erstreckende Flächen umfasst, von denen wenigstens zwei Flächen sich auf der Kanalwand abstützende Seitenflächen (3; 4) bilden, welche sich in Strömungsrichtung annähern und unter einem spitzen Winkel α in einer gemeinsamen Kante (7) zusammentreffen und von denen wenigstens eine Fläche eine Dachfläche (5) bildet, die sich in Strömungsrichtung in einem spitzen Winkel θ von der Kanalwand entfernt und mit den Seitenflächen (3;4) Abströmkanten (9;10) bildet, wobei das strömende Fluid stromab der Abströmkanten (9;10) ein Paar gegenläufiger Wirbel (11) ausbildet, deren Wirbelachsen in der Achse der Hauptströmung (1) liegen, **dadurch gekennzeichnet, dass in den Bereich der Kernströmung der sich ausbildenden Nachlaufwirbel (11) ein Axialimpuls wenigstens annähernd in Richtung der Hauptströmung (1) eingebracht wird.**
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass eine Sekundärströmung (13) gezielt in die Kernströmung des Nachlaufwirbels (11) eingebracht wird.**
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass über Austrittsöffnungen (12) am Wirbelgenerator (2) ein Sekundärfluid in die Wirbelkernströmung eingebracht wird.**
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass der Durchsatz des Sekundärmediums (13) variabel einstellbar ist.**
14. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass das Sekundärfluid eine in die Hauptströmung (1) einzumischende Komponente ist.**
15. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass der Massenanteil der Sekundärströmung (13) gegenüber der Hauptströmung (1) 0,1% bis 5%, vorzugsweise 0,5% bis 1,5% beträgt.**

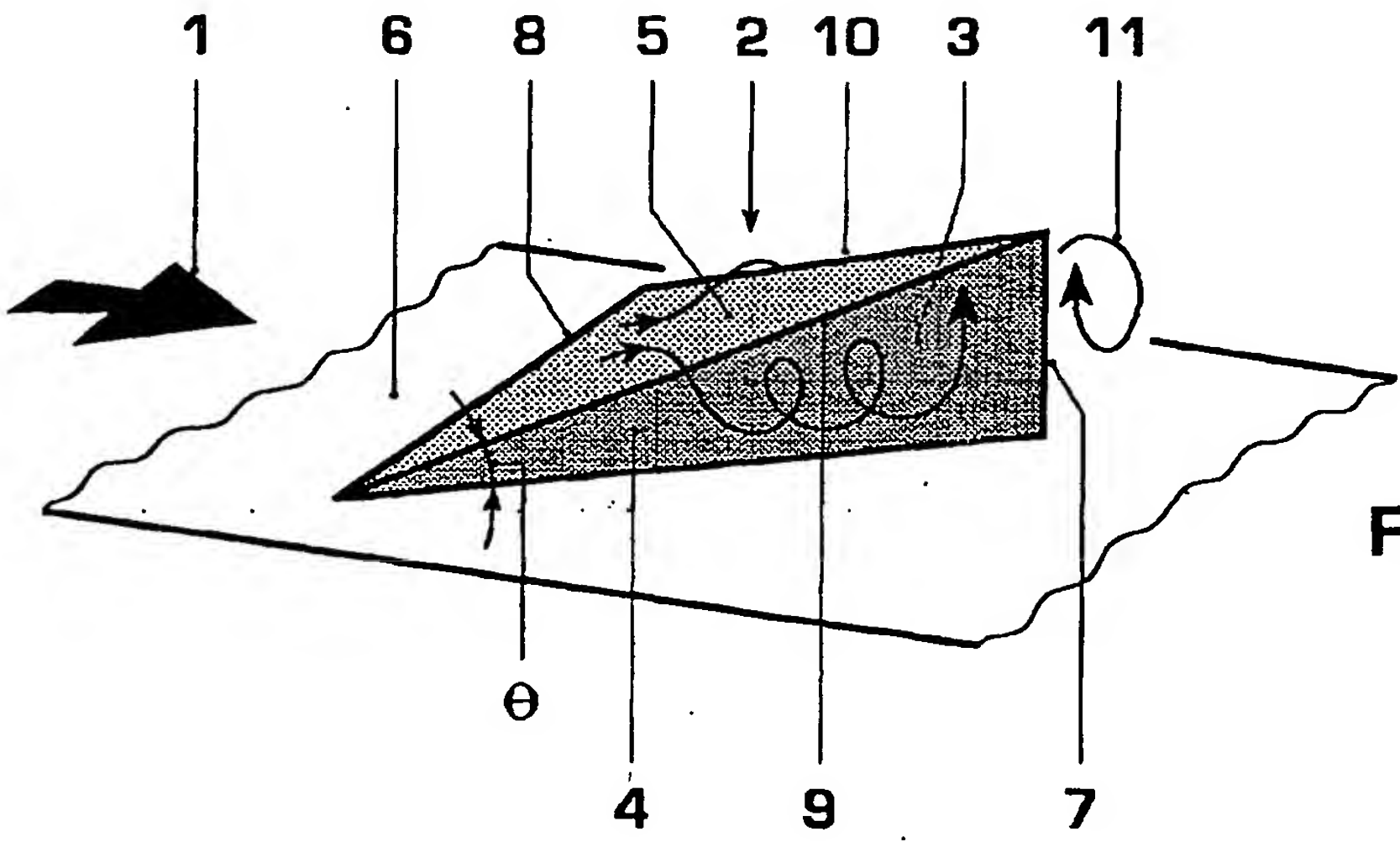


Fig. 1

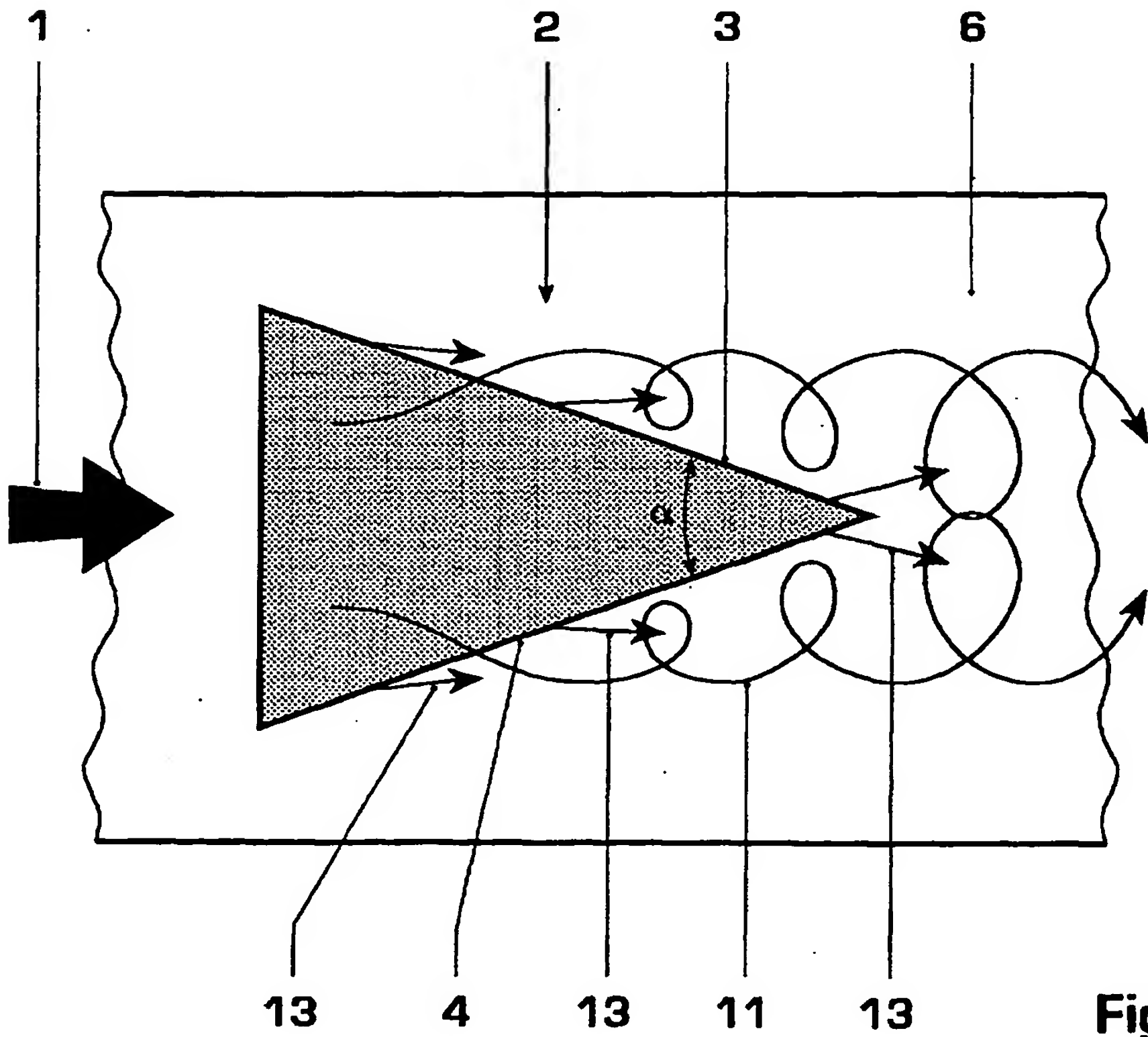


Fig. 3

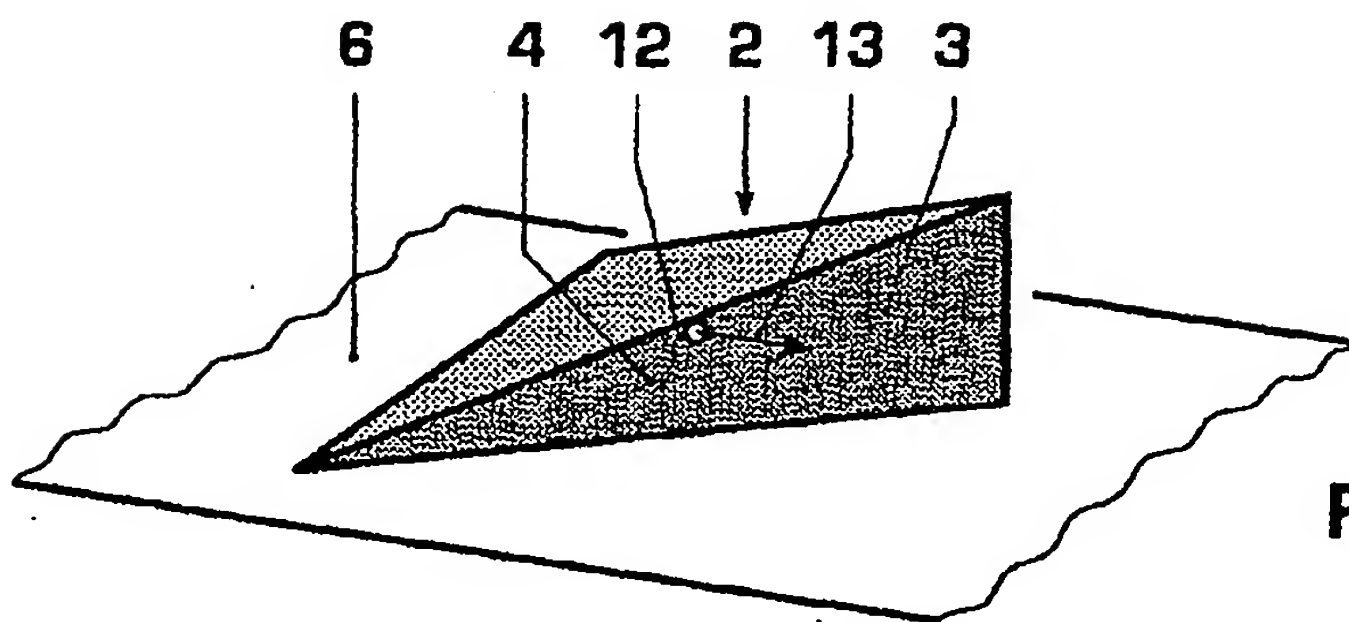


Fig. 4a

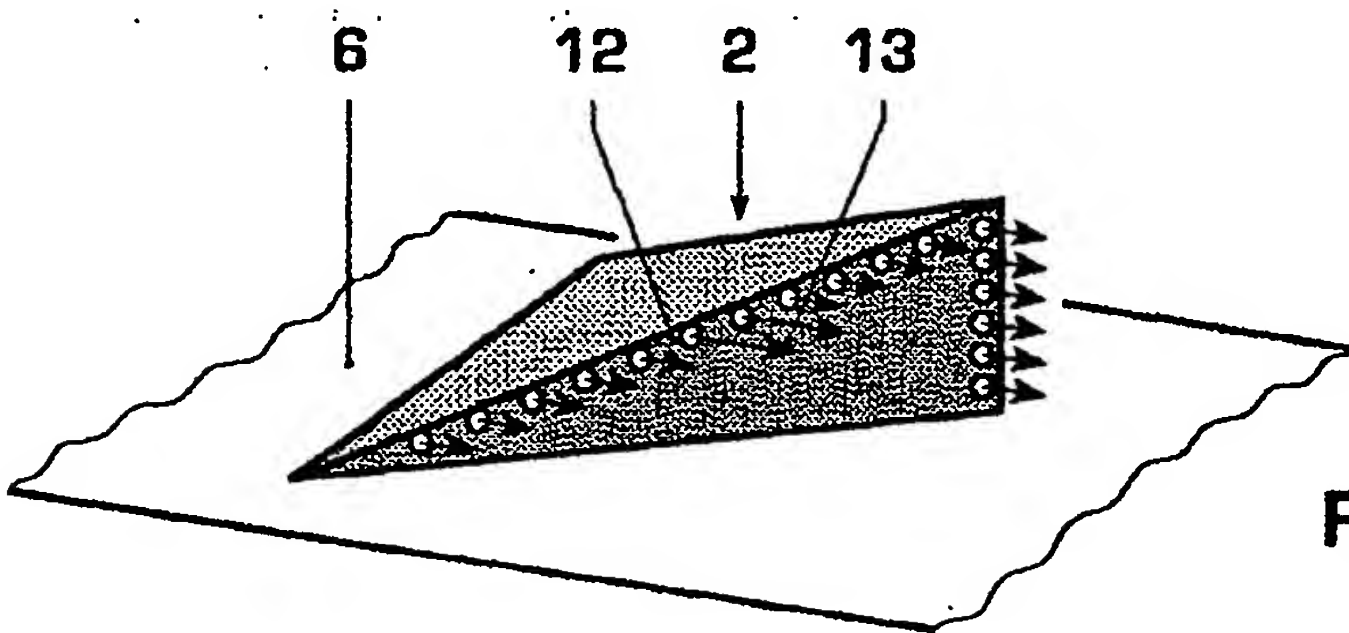


Fig. 4b

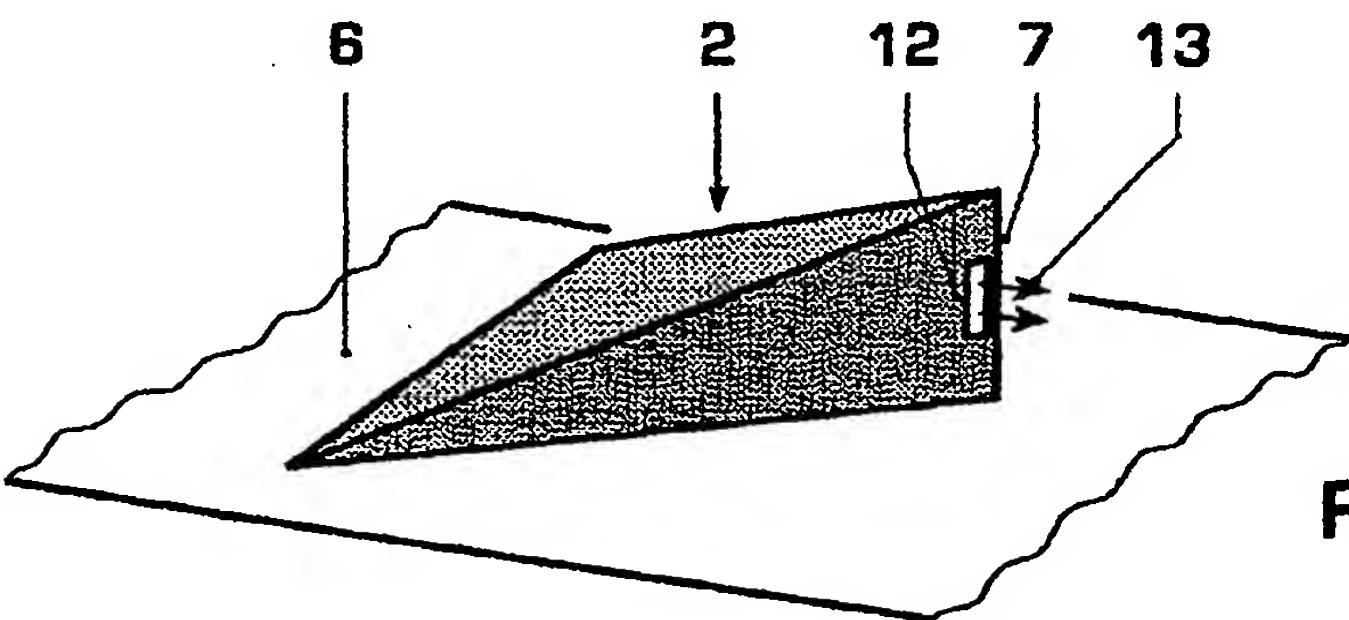


Fig. 5a

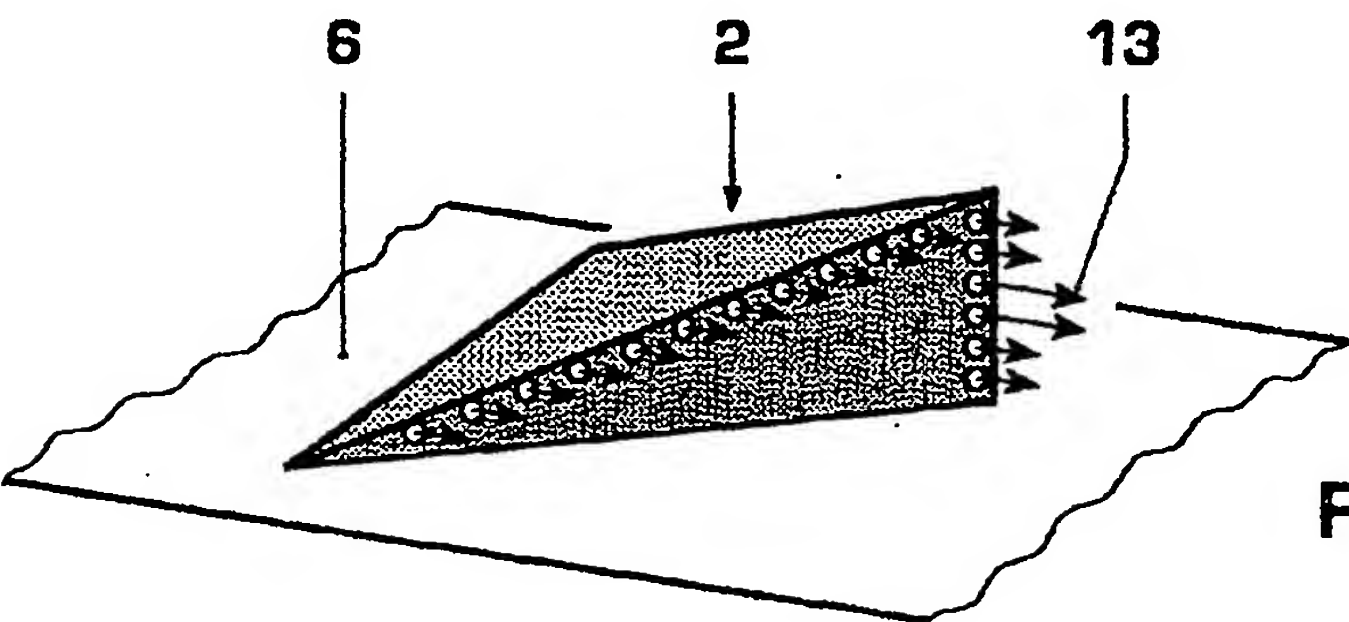


Fig. 5b

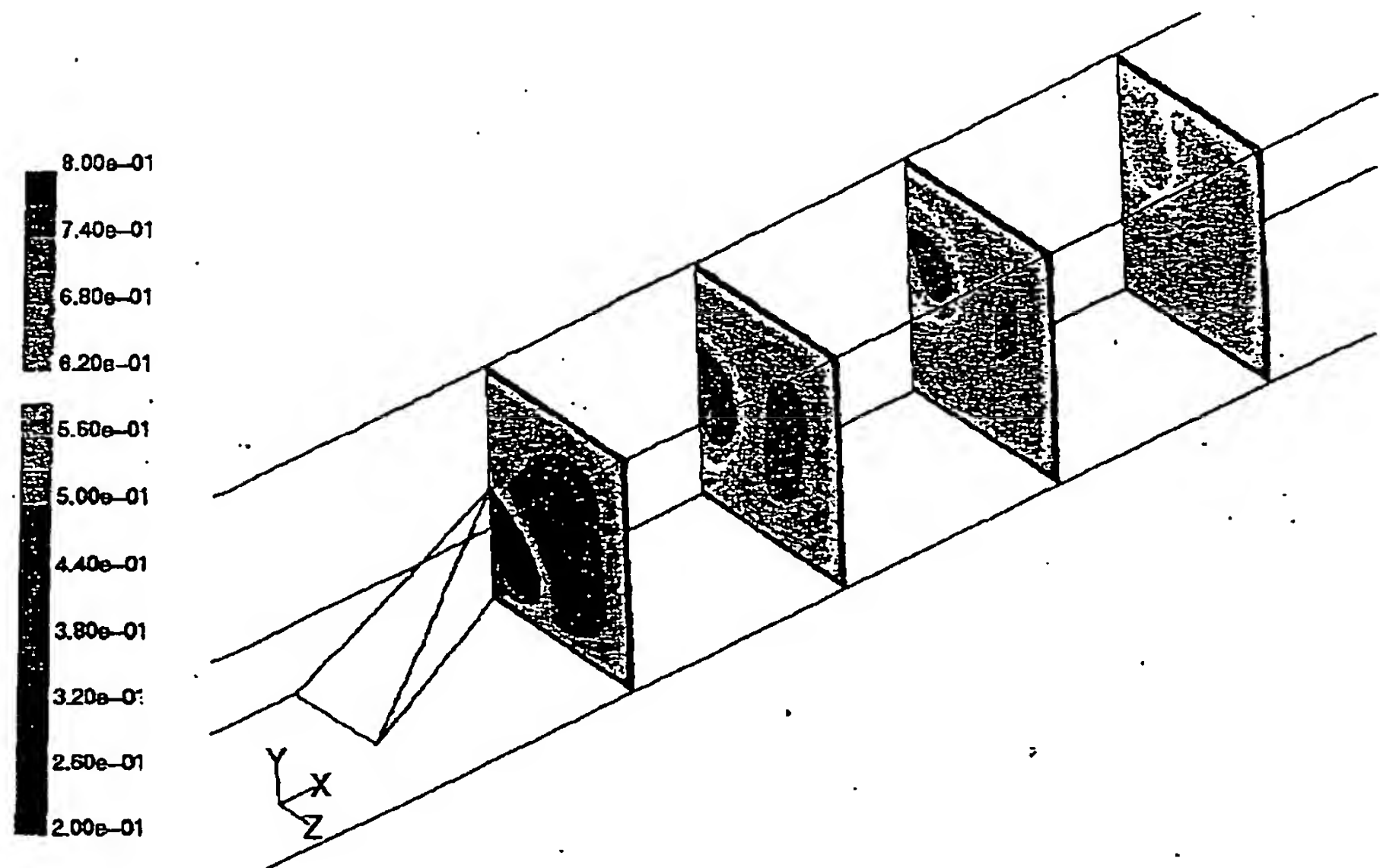


FIG. 2

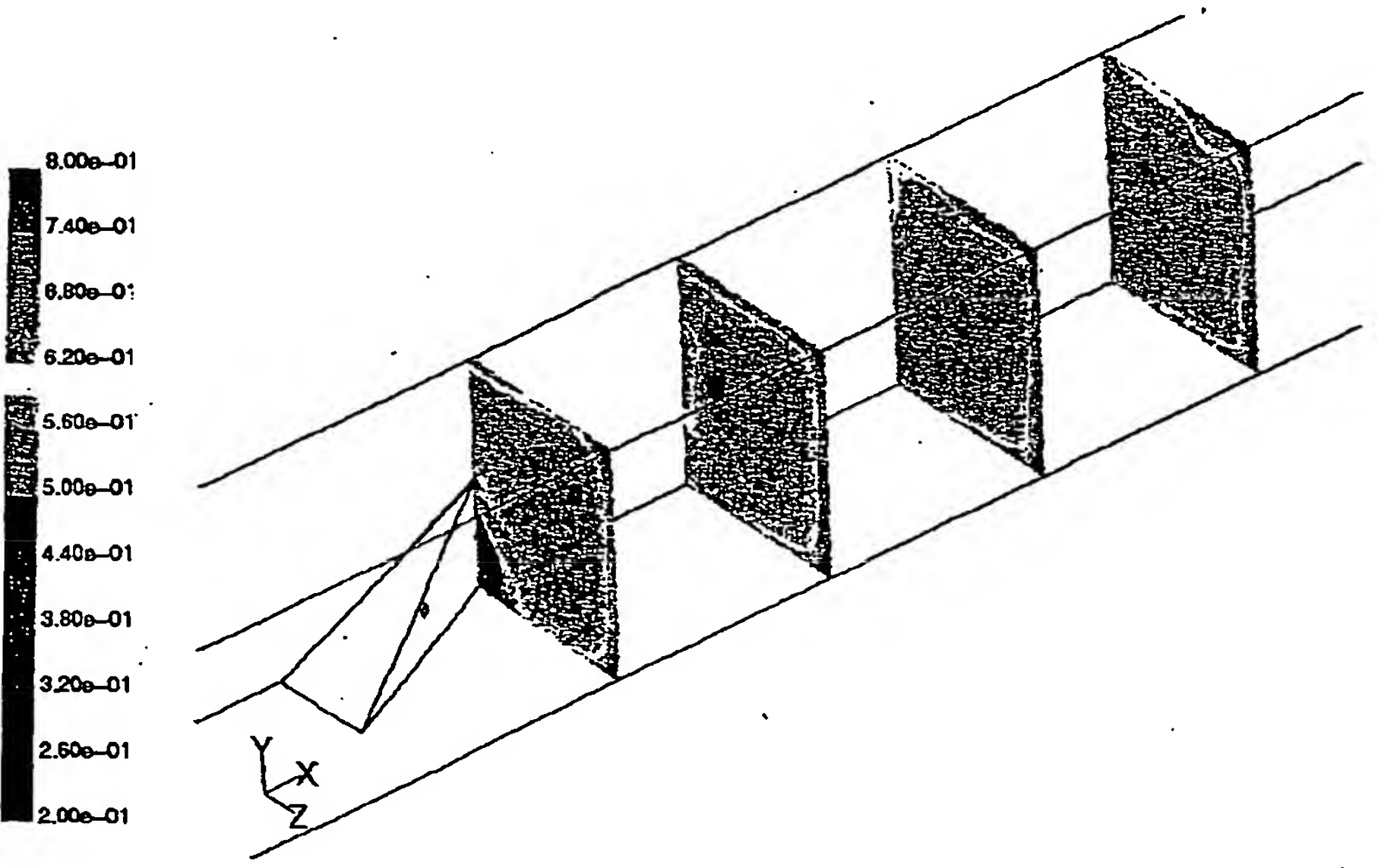


FIG. 6

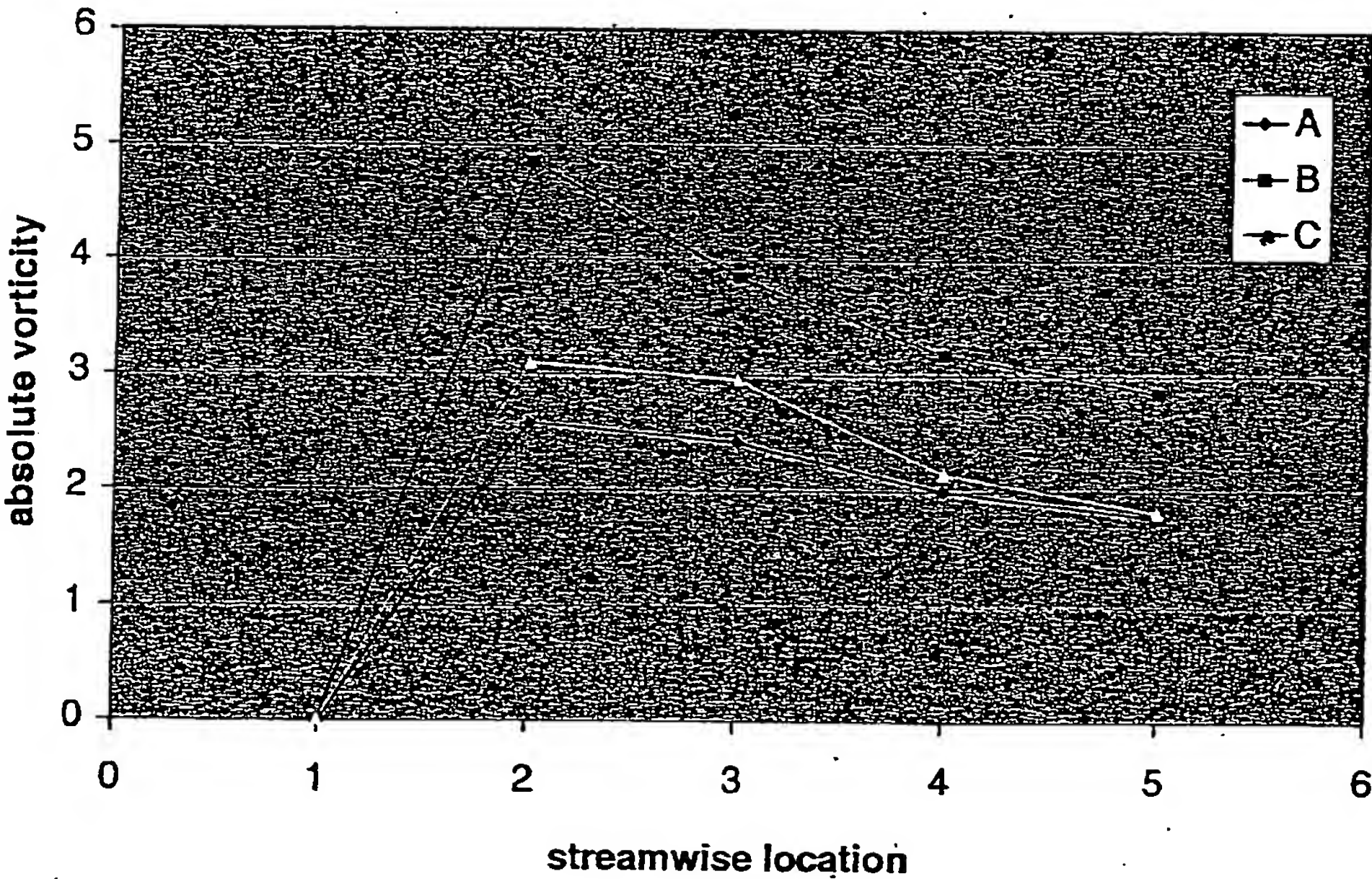


FIG. 7